

交通載荷作用時における路盤の応力状態と残留変形特性

防衛大学校 正会員 ○平川 大貴
防衛大学校 正会員 宮田 喜壽

1. はじめに：近年では構築した社会基盤構造物の維持管理の効率化や合理的な更新の方法が模索され、アスファルト(以下、As)舗装においても長寿命化や維持管理費の抑制に向けた予防的修繕が検討されている。舗装の予防的修繕には、表層のAs混合物に対するシール材注入工法や切削工法等がある。一方、舗装構造物はAs混合物(As舗装)/コンクリート(コンクリート舗装)および土の多層の構造体であり、交通載荷作用時での路盤以下の土の層の残留沈下挙動に対しては基礎データが大幅に不足している。本報では、As舗装の移動載荷模型載荷試験で得られた路盤の応力状態と残留変形特性を基に、路盤の高安定化の必要性について考察する。

2. 実験概要：長さ1,200×高さ400×幅305 mmの土槽内に、表層(As混合物層：高さ30 mm)と路盤層(高さ320 mm)の2層系でモデル化したAs舗装模型を構築し、その表面に幅295 mm(≒土槽幅)の剛なローラーを用いて鉛直荷重 $F_v=29.4$ kN/m(線荷重換算値、一定)の輪荷重を水平移動速度5.0 mm/secで50往復(計100回載荷)させた時の路盤内の応力状態と路盤材の変位挙動を測定した(図-1)。路盤層は安山岩の粒度調整碎石(M-30)を粒径 $D=19.0$ mmのせん頭粒度に再調整した礫質土を用い、 $w=$ 約6% ($w_{opt}=8.5\%$, $1E_c$)において $D_c=93.1\%$ ($\rho_d=1.987$ g/cm³)もしくは100.7%(同2.150 g/cm³)に突き固めて作製した。模型路盤のCBR値は8.3%($D_c=93.1\%$)および19.7%(同100.7%)であった。表層には我が国のAs舗装での重交通路線で標準的に用いられているAs混合物(密粒度アスコン、As量=6.0%)を用いた。このAs層模型は予め型枠内と締固めローラーを用いて作製されたものである。ローラーに負荷した鉛直荷重値は大型貨物車量を想定して決定した。また、本実験でのローラーは自走式ではないため、移動載荷荷重時でのローラーとAs層の間に有意なすべりは生じない。

3. 実験結果および考察：各As舗装模型に対して移動載荷を与えたところ、As舗装模型には沈下が発生した。これは実際の舗装構造物においてわだち掘れが発生していることに等しい。実験前後でAs混合物の厚さは変化していなかったため、As舗装模型に生じた沈下は路盤の残留沈下に起因する。この結果は、供用時で生じるAs舗装の変状の一要因に路盤層以下の土の層の残留沈下がある事を示している。図-2に路盤の平均鉛直ひずみ $(\varepsilon_v)_{ave}$ ～載荷回数の関係を示す。本土槽の片側の側面はアクリルでできており、模型の変状を可視化できる。本研究では路盤内に色付けした路盤粒子を上下方向に計7個設置し、その動きをCCDカメラで計測～画像解析することによって路盤の各深さでの鉛直・水平方向変位(後述)を算出した。図-2に示した $(\varepsilon_v)_{ave}$ 値は、最上部(路盤表面)と最下部(路盤表面から約290 mm)の評点の鉛直方向変位を用いてひずみ値として表したものである。図-2より、載荷回数の増加に伴って沈下挙動が現れ、残留沈下挙動も進行的であることが確認できる。この様な交通載荷

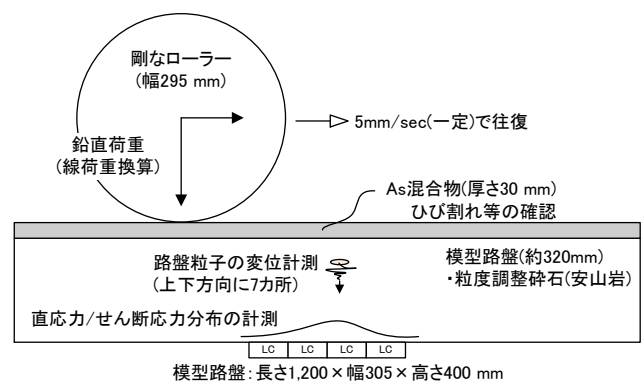
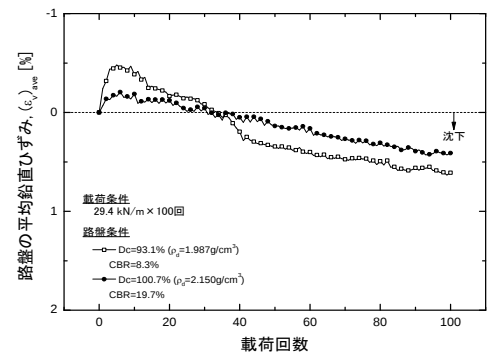


図-1 実験概要

図-2 移動載荷によって路盤に生じた平均鉛直ひずみ $(\varepsilon_v)_{ave}$ ～載荷回数の関係

キーワード アスファルト舗装, 交通載荷, 路盤, 応力分布, 残留変形

連絡先 〒239-868 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL046-841-3810

作用時での路盤の進行的な変形挙動の概要を把握するため、路盤の鉛直方向直応力 σ_v とせん断応力 τ_{vh} の分布を図-3に示す。 σ_v と τ_{vh} は土槽底板に埋設された2方向ロードセルで測定した値であり、それぞれローラー鉛直荷重 F_v 値で正規化した値をローラーの接近間距離に対して整理している。本研究では水平方向直応力 σ_h の測定が出来ていないために図-3から主軸(主応力)方向を正確に算出することはできないものの、輪荷重の位置に応じて τ_{vh} の向きが変化していることから車両の通過に際しては路盤内の主軸(主応力)方向は連続的に回転していること¹⁾は同定できる。 ϕ 特性を示す砂礫材に主応力軸の連続的な回転を伴う繰返し载荷が作用すると進行的で大きな残留変形が生じることが知られている²⁾。主軸(主応力)方向の連続的な回転は、路盤粒子の変位挙動からも確認できる。路盤表面、すなわちAs層と路盤との境界面での路盤粒子の鉛直・水平方向変位を図-4に示す。図-4より路盤粒子は

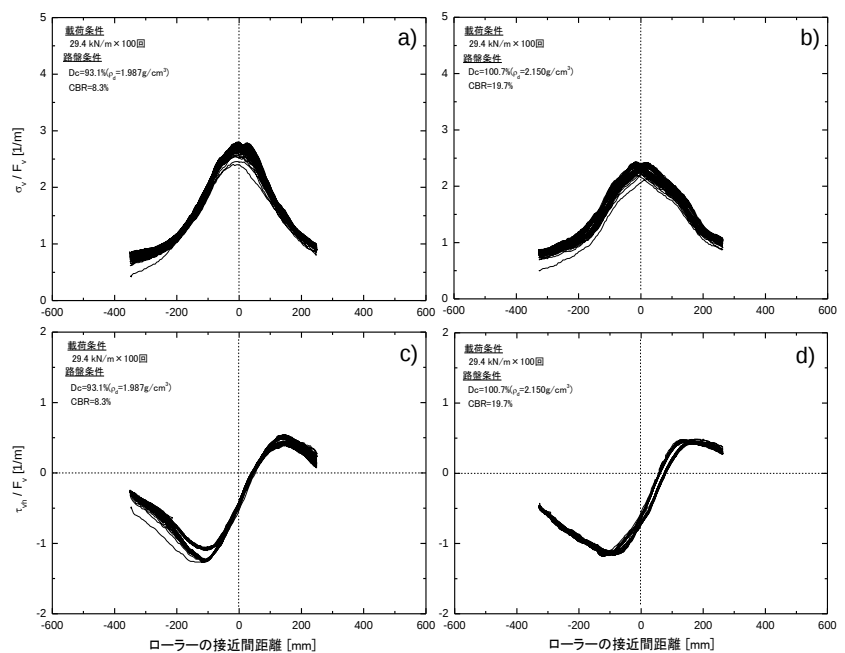


図-3 交通载荷作用時での路盤内の応力分布; 鉛直方向直応力 a) $D_c = 93.1\%$, b) 100.7% , せん断応力分布 c) $D_c = 93.1\%$, d) 100.7%

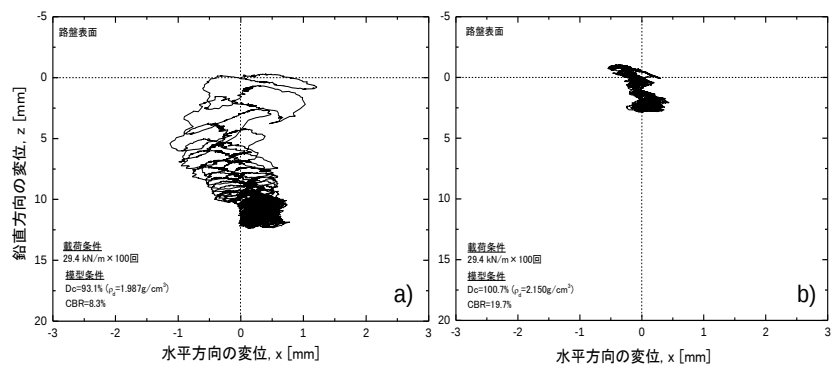


図-4 路盤粒子の変位挙動(路盤表面); a) $D_c = 93.1\%$, b) 100.7%

水平方向にも大きく変位しながら鉛直下向きに残留変位が累積していく様子が確認できる。また、路盤粒子の変位量は施工時での締固めの程度に強く依存するが(図-4), 路盤の進行的な沈下特性は密度状態に関係なく定性的には一致している(図-2)。すなわち、輪荷重という交通载荷は路盤にとって残留沈下が生じやすい作用力条件であり、路盤の密度状態の変更では根本的な解決は困難であると考えられる。

As 舗装の破損には複数の要因が混在する場合が多いことは経験的にも知られており³⁾、維持修繕費の抑制を図りつつ舗装構造物を安定的に運用していくためには現状で採用されている予防的修繕に加えて路盤の残留沈下対策も併せて実施する必要があると考えられる。

4. まとめ: 交通载荷作用時でのAs舗装の安定性に及ぼす路盤の残留沈下の影響について、As舗装の室内移動载荷試験結果を基に考察した。As舗装の長寿命化と維持管理費の抑制の実現するためには、表層のAs混合物への対応だけでなく、路盤の残留沈下対策も併せて実施することが重要であると考えられる。

謝辞: 本研究は科学研究費補助金(課題番号: 25420513)による成果である。また、本実験の実施に際して、株式会社NIPPOの石垣勉氏からアスファルト混合物の提供を受けた。ここに明記し、関係各位に謝意を表す。

参考文献: 1) Brown, S. F.: Soil mechanics in pavement engineering, 36th Rankine Lecture, *Geotechnique*, **46**, 3, pp.383-426, 1996. 2) 渡辺健治, 篠田昌弘, 舘山勝, 桃谷尚嗣, 関根悦夫, 龍岡文夫: 主応力軸方向が制御可能な要素試験装置の開発, 第40回地盤工学研究発表会概要集(CD-ROM), pp.465-466, 2005, 3) 例えば, 日本道路協会編, 舗装の維持修繕ガイドブック 2013, 2013.